

PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK PENJADWALAN MISI OPERASI SATELIT LAPAN-A3/IPB

DEVELOPMENT OF MISSION OPERATION SCHEDULING SOFTWARE LAPAN-A3/IPB SATELLITE

Muhammad Taufik dan Wahyudi Hasbi

Pusat Teknologi Satelit / Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

muhammad08taufik@gmail.com

Abstrak

Satelit LAPAN-A3 mengemban berbagai misi dalam operasinya antara lain observasi bumi, pemantauan area maritim nusantara serta misi sains antariksa yaitu pemantauan medan magnet bumi. Untuk menunjang berbagai misi tersebut maka satelit LAPAN-A3/IPB dilengkapi dengan fitur penjadwalan (*schedule*). Keterbatasan jumlah stasiun bumi dan operator membuat fitur penjadwalan menjadi penting karena satelit dapat melakukan berbagai macam fungsinya secara mandiri tanpa pengawasan dan perintah secara langsung oleh operator pada jam - jam tertentu. Manfaat dari fitur ini adalah memungkinkan satelit untuk diberikan perintah (*command*) yang akan dieksekusi pada tanggal dan jam tertentu sesuai dengan urutan tanggal dan jam yang telah disusun sebelumnya.

Tulisan ini menjelaskan pengembangan perangkat lunak penjadwalan dan implementasinya dalam setiap operasi satelit LAPAN-A3/IPB. Perangkat lunak penjadwalan dirancang dengan bahasa pemrograman berorientasi objek, dengan setiap muatan memiliki urutan perintah akuisisi. Perangkat lunak yang dirancang bertujuan untuk memudahkan operator menyusun jadwal dan di dalam penyusunannya berbagai macam perintah dapat diberikan antara lain perintah untuk mengontrol sikap satelit, maupun perintah akuisisi data dari sensor maupun muatan yang dimiliki oleh satelit LAPAN-A3/IPB. Hasil implementasi perangkat lunak diharapkan dapat meminimalisir kesalahan operator dalam menyusun penjadwalan untuk menunjang misi operasi satelit LAPAN-A3/IPB.

Kata kunci: Satelit LAPAN-A3/IPB, perangkat lunak, penjadwalan, operasi

Abstract

The LAPAN-A3 Satellite has various missions in its operations such as earth observation, monitoring of Indonesia's maritime, and space science missions for Earth magnetic field. To support the various missions, the LAPAN-A3 / IPB satellite is equipped with scheduling features. To be able to perform various functions independently without direct supervision and operation by the operator at certain hours. The benefit of this feature is allowing satellites to be given commands to be executed at a certain date and time according to the pre-arranged date and time.

This paper describes the development of scheduling software and its implementation in every LAPAN-A3 / IPB satellite operation. The scheduling software is designed with an object-oriented programming language, with each payloads having a sequence of acquisition commands. The software is designed to facilitate operators to schedule and in the preparation of various commands can be given, among others, commands to control the attitude of satellites, as well as command data acquisition of sensors and payloads owned by satellite LAPAN-A3/IPB. The result of software implementation is expected to minimize operator error in preparing scheduling to support LAPAN-A3/IPB satellite operation mission.

Keywords: LAPAN-A3/IPB Satellite, software, scheduling, operation

1. PENDAHULUAN

Satelit LAPAN-A3/IPB merupakan salah satu dari seri satelit eksperimen LAPAN, setelah satelit LAPAN-A2/ORARI dan LAPAN-TUBSAT. Satelit ini diluncurkan pada bulan Juni 2016 di Sriharikota, India dan mengemban 3 misi utama dalam operasinya yaitu observasi bumi melalui muatan kamera multispektral (LISA), kamera digital (*Space Camera*), kamera analog (Kappa) dan kamera infra merah

(Bolometer), pemantauan area maritim nusantara melalui AIS (*Automatic Identification System*), dan misi sains antariksa untuk pemantauan medan magnet bumi dengan muatan HFGM (*Hybrid FluxGate Magnetometer*).

Salah satu fitur yang terdapat pada satelit ini dan sudah ada pada satelit LAPAN-A2/ORARI adalah fitur penjadwalan. Fitur ini banyak dimanfaatkan oleh satelit observasi bumi untuk pengambilan citra pada daerah – daerah tertentu maupun manuver satelit pada saat tertentu tanpa campur tangan operator satelit[1][2]. Beberapa algoritma juga dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan fitur ini pada satelit[3]-[7].-Fitur ini memungkinkan satelit untuk diberikan perintah yang akan dieksekusi pada tanggal dan jam tertentu sesuai dengan urutan tanggal dan jam yang telah disusun sebelumnya. Untuk muatan tertentu seperti kamera multispektral dan kamera digital, fitur ini memungkinkan satelit dapat menangkap citra permukaan bumi di daerah tertentu, pada tanggal dan jam tertentu. Fitur ini juga meminimalisir kontak dengan satelit sehingga pada saat proses unduh data oleh stasiun bumi satelit dalam keadaan siap untuk mengirim data.

Pentingnya fitur ini membuat proses penyusunan jadwal menjadi krusial. Kesalahan dalam pemilihan tanggal, jam dan juga perintah yang akan dieksekusi oleh satelit akan menyebabkan satelit melakukan aksi tidak sesuai dengan yang diinginkan operator.

Tulisan ini menjelaskan mengenai perancangan dan implementasi perangkat lunak penjadwalan yang dibuat dengan bahasa pemrograman berorientasi objek. Dengan perangkat lunak ini diharapkan memudahkan operator membuat jadwal untuk operasi LAPAN-A3/IPB setiap harinya, dan meminimalisir kesalahan manuver yang dilakukan oleh satelit.

2. DESAIN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT LUNAK

Untuk dapat berkomunikasi dengan satelit digunakan protokol dasar komunikasi Satelit LAPAN-A3 yaitu 4 byte protokol. Protokol ini digunakan pula pada satelit LAPAN-TUBSAT dan juga LAPAN-A2/ORARI. Prosedur *handshake* digunakan dalam protokol ini dimana setiap *byte* dari 4 *byte* pertama harus mendapatkan balasan dalam *byte* yang sama/*echo*. Pada LAPAN-A3/IPB terdapat beberapa format 4 *byte* protokol yaitu[8],

- *Basic 4 byte Protocol*

4-byte protocol structure								
	CMD ID		HiAddr		LoAddr		Count	
Byte No	1		2		3		4	
Command	CID		Hi		Lo		XX	
Echo		CID		Hi		Lo		XX

Gambar 1. *Basic 4 byte protocol*

Format protokol 4 *byte* yang paling sederhana.

- *Simple Protocol Extension (32-bit Extension)*

Extended 4-byte protocol structure										
4-byte protocol										
	CMD ID		Dir/Ack		Count Rx		Count Tx		Protocol Extension	
Byte No	1		2		3		4		5-8	
User Cmd	CID		AB/AC/BA		XX		YY		0xZZZZZZZZ	
PCDH Echo		CID		AB/AC/BA		XX		YY		

Gambar 2. *Simple protocol extension (32-bit Extension)*

Format protokol 4 *byte* yang digunakan untuk membaca/menulis data dari/ke memori PCDH.

- *High-Level Command*

High-Level Command Structure								
4-byte protocol								High-Level Extension
	CMD-ID	Dir/Ack		Count Rx	Count Tx	4+ bytes		
Byte No.	1	2		3	4	5+		
User Cmd	CID	AB/AC/BA		XX		YY		0xFFFFFFFF ZZ[..]ZZ
PCDH Echo	CID		AB/AC/BA		XX		YY	

Gambar 3. High-Level Command

Format protokol yang ditandai dengan *byte* FFFFFFFF setelah 4 *byte* protokol. Digunakan untuk membaca/menulis data dari/ke memori PCDH ataupun subsistem lainnya.

Pengunggahan jadwal yang telah disusun menggunakan format protokol 4 *byte* dengan maksimal tujuh buah jadwal yang dapat diunggah dalam sekali proses unggah. Sedangkan jumlah maksimal jadwal yang dapat disimpan pada memori PCDH adalah 128 buah jadwal. Struktur penulisan jadwal pada memori PCDH adalah sebagai berikut,

Blok-1	Blok-2	Blok-3	Blok-4
Waktu Eksekusi	<i>Marker</i>	<i>Command Data</i>	CRC-16

Gambar 4. Struktur penulisan jadwal pada memori PCDH

Struktur penulisan jadwal terdiri dari empat buah blok antara lain,

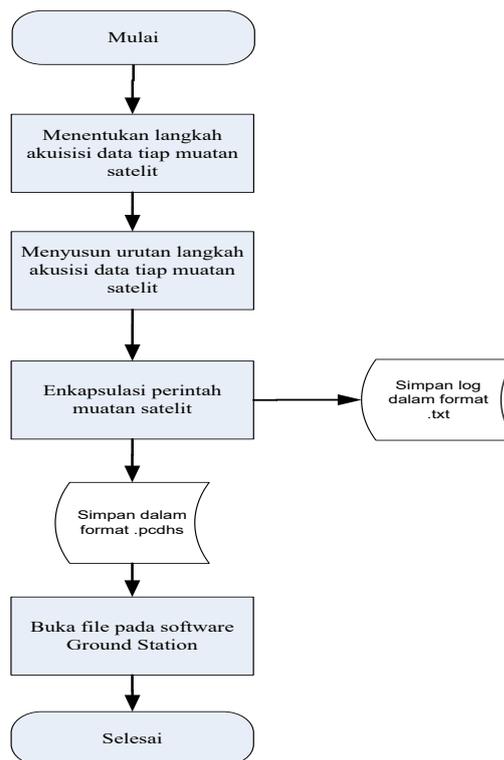
- Blok pertama berisi tanggal dan jam eksekusi perintah dengan format *Unix Time Stamp* berbasis penanggalan Julian.
- Blok kedua berisi *marker* (penanda) untuk menentukan status perintah apakah berhasil dieksekusi ataupun gagal dieksekusi. *Marker* terdiri dari dua buah *byte*, yaitu,
 - 0xFFFF, indikasi bahwa perintah belum tereksekusi disebabkan tanggal dan waktu belum terjadi.
 - 0xEEEE, terjadi kesalahan pada CRC. PCDH mencoba mencoba/mengeksekusi perintah tapi terjadi ketidaksesuaian *byte* CRC. Ketidaksesuaian *byte* CRC umumnya terjadi dikarenakan bit error pada salah satu *byte* diantara blok pertama hingga blok ketiga. Hal ini disebabkan pada saat pengunggahan jadwal dari stasiun bumi ke satelit terjadi gangguan komunikasi akibat noise dari frekuensi lain, sehingga *bit error* terjadi pada rangkaian data jadwal.
 - 0xDDDD, PCDH tidak mengeksekusi perintah dikarenakan tanggal dan jam perintah yang dipilih dihari/jam telah lampau.
- Blok ketiga berisi *byte Command* data berupa alamat subsistem ataupun memori PCDH yang akan melaksanakan perintah serta jalur komunikasi UHF yang digunakan yaitu TTC A ataupun TTC B.

Blok keempat berisi *byte* CRC-16, perhitungan CRC dimulai dari *byte* pertama hingga *byte* terakhir blok ketiga. Data mentah (*raw data*) untuk setiap muatan satelit akan melalui PDHS (*Payload Data Handling System*) LAPAN-A3/IPB sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum diunduh melalui stasiun bumi. Terdapat beberapa mode operasi PDHS untuk menangani setiap muatan antara lain[8],

- Mode operasi IDLE, PDHS hanya menerima sinyal PPS (*Pulse per Clock*) untuk sinkronisasi waktu dari PCDH kemudian diformat dengan standar CCSDS (*Consultative Committee for Space Data Systems*) dan selanjutnya dikirim ke *transmitter* X-Band.
- Mode operasi LISA, PDHS menerima sinyal PPS dan data kamera multispektral kemudian memformat data melalui CCSDS formatter. Selanjutnya melakukan sinkronisasi antara data ACS (*Attitude Control Systems*) yang diterima dengan data kamera multispektral sesuai dengan waktu pengambilan gambar.

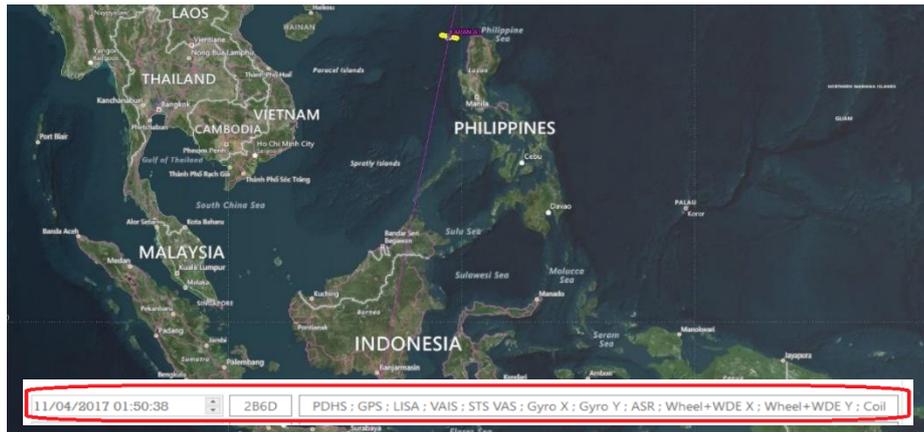
- c. Mode operasi *real-time* LISA dengan metode LOSSY, mode operasi LISA dengan penambahan metode LOSSY. Hanya data dari kamera multispektral dan ACS yang akan diproses.
- d. Mode operasi *real-time* LISA dengan metode LOSSLESS, mode operasi LISA dengan penambahan metode LOSSLESS. Hanya data dari kamera multispektral dan ACS yang akan diproses.
- e. Mode operasi SPACE, PDHS menerima sinyal PPS dan data kamera digital kemudian memformat data dalam melalui *CCSDS formatter*. Selanjutnya melakukan sinkronisasi antara data ACS yang diterima dengan data kamera multispektral sesuai dengan waktu pengambilan gambar.
- f. Mode operasi *FLASH*, PDHS mentransfer data dari RAM ke *Flash* memori sesuai dengan *address* yang dipilih dengan jumlah paket data yang telah ditentukan.
- g. Mode operasi AIS, PDHS menerima data AIS kemudian mentransmisikan data AIS yang telah diformat ke X-Band transmitter.
- h. Mode operasi TRANSMISSION, PDHS mentransfer data dari RAM atau *Flash* memori sesuai dengan alamat yang dipilih dengan jumlah paket data yang telah ditentukan ke X-Band transmitter.
- i. Mode HFGM, PDHS menerima data *magnetometer* kemudian mentransmisikan data *magnetometer* yang telah diformat ke X-Band transmitter.

Desain perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman berorientasi objek berbasis *.net framework* dengan memperhatikan kebutuhan desain yang telah ditentukan sebelumnya. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan pada Gambar 5,



Gambar 5. Diagram alir desain perangkat lunak penjadwalan

Langkah awal ialah menentukan perintah - perintah yang diperlukan untuk memperoleh data dari tiap muatan satelit. Kemudian menyusun secara urut langkah-langkah tersebut yang berisi baris-baris perintah yang akan dilakukan oleh satelit. Menentukan jam dan tanggal tertentu kapan perintah tersebut akan dieksekusi oleh satelit. Enkapsulasi setiap baris perintah yang diidentifikasi dalam setiap *byte* data dan simpan dalam format *file .pcdhs* dan log data dalam format teks. Format *file .pcdhs* merupakan format baku *file schedule* yang dapat dibaca oleh PCDH satelit LAPAN-A3. Validasi *file .pcdhs* yang



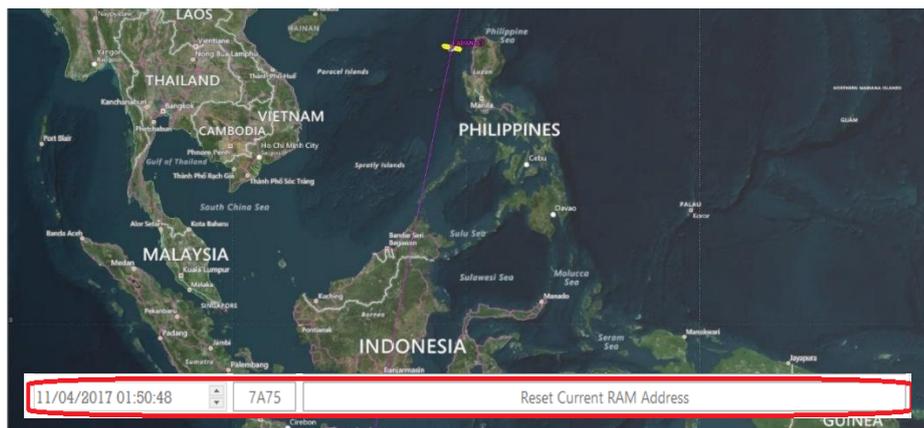
Gambar 12. Fase pertama perintah akuisisi data kamera multispektral[11]

Pada fase pertama, satelit LAPAN-A3 akan mengaktifkan beberapa subsistem yang diperlukan antara lain PDHS, GPS, Kamera multispektral AIS, *Star Sensor*, *Gyroscope*, *Reaction Wheel*, *Coil*.



Gambar 13. Fase kedua perintah akuisisi data kamera multispektral[11]

Fase kedua, PDHS diset dalam mode operasi IDLE.



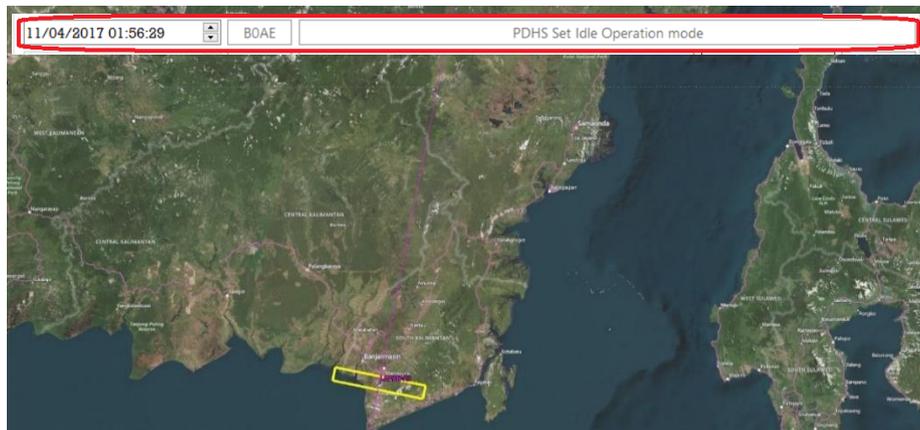
Gambar 14. Fase ketiga perintah akuisisi data kamera multispektral[11]

Fase ketiga, mengeset ulang *address pointer* pada RAM PDHS. Hal ini dilakukan agar data kamera multispektral yang didapat akan ditulis pada alamat RAM pertama dari PDHS.



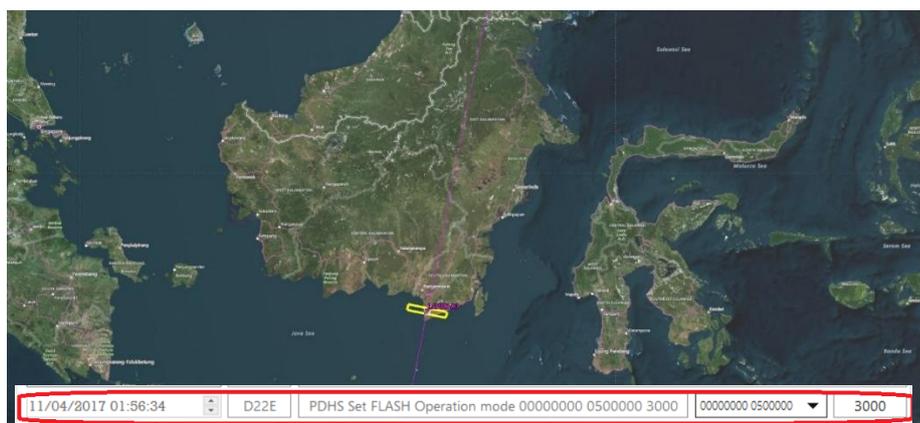
Gambar 15. Fase keempat perintah akuisisi data kamera multispektral[11]

Fase keempat, PDHS diubah ke dalam mode operasi LISA yaitu PDHS menerima sinyal PPS dan data kamera multispektral kemudian memformat data melalui *CCSDS formatter*. Selanjutnya melakukan sinkronisasi antara data ACS yang diterima dengan data kamera multispektral sesuai dengan waktu pengambilan gambar.



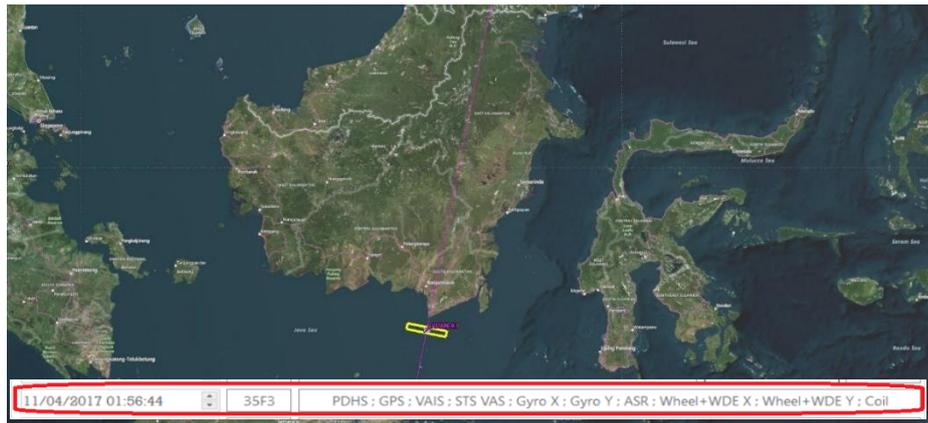
Gambar 16. Fase kelima perintah akuisisi data kamera multispektral[11]

Fase kelima, proses akuisisi telah selesai sehingga PDHS diubah ke dalam mode IDLE kembali.



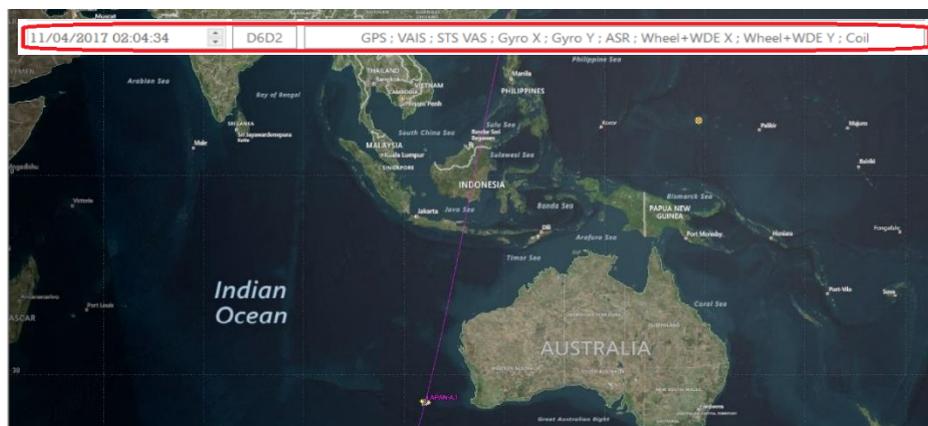
Gambar 17. Fase keenam perintah akuisisi data kamera multispektral[11]

Fase keenam, PDHS diubah ke dalam mode operasi *FLASH*. PDHS mentransfer data kamera multispektral dari alamat RAM 00000000h ke alamat *Flash* memori 0500000h sebanyak 3000 *cycle* = 51 detik durasi pengambilan gambar.



Gambar 18. Fase ketujuh perintah akuisisi data kamera multispektral[11]

Fase ketujuh, menonaktifkan kamera multispektral setelah pengambilan gambar selesai dilakukan.



Gambar 19. Fase kedelapan perintah akuisisi data kamera multispektral[11]

Fase kedelapan, proses transfer data telah selesai dilakukan untuk 3000 *cycle* dengan durasi 8 menit sejak fase keenam sehingga PDHS dinonaktifkan. Terdapat kemungkinan jadwal yang telah diunggah tidak dieksekusi oleh satelit disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain

- Adanya gangguan (*noise*) frekuensi ketika proses pengunggahan file ke satelit sehingga terjadi perubahan *byte* pada struktur jadwal memori PCDH.
- PCDH akan membaca jadwal sesuai dengan urutan nomor indeks, operator melakukan kesalahan dengan mengunggah *file* tidak sesuai dengan indeks yang ditentukan sehingga mengakibatkan jadwal tidak tereksekusi.
- Untuk akuisisi data kamera multispektral, suhu untuk setiap lensa harus di atas 0°C sehingga apabila data telemetri yang diperoleh sebelum jam eksekusi jadwal menunjukkan bahwa suhu lensa kamera di bawah 0°C maka misi akan dibatalkan sehingga jadwal yang telah diunggah tidak akan dieksekusi.

Perangkat lunak yang telah dirancang dan diimplementasikan telah mampu mengatasi kendala dari perangkat lunak stasiun bumi LAPAN-A3, yaitu

- a. Dari segi fungsional, perangkat lunak berfungsi dengan baik telah diimplementasikan dan diintegrasikan pada kegiatan misi operasi Satelit LAPAN-A3,
- b. Perangkat lunak yang dirancang mempunyai tampilan yang memudahkan pengguna dalam menyusun jadwal misi operasi,
- c. Perangkat lunak mampu mengidentifikasi setiap perintah untuk setiap subsistem dan memisahkannya sesuai dengan standar penulisan jadwal memori PCDH.
- d. Perangkat lunak dilengkapi dengan keterangan mengenai jadwal yang dibuat,
- e. Perangkat lunak menghasilkan *file .pcdhs* dan *data logger* berbasis teks.

4. KESIMPULAN

Telah berhasil dirancang perangkat lunak sesuai dengan kebutuhan desain serta telah diimplementasikan pada kegiatan misi harian Satelit LAPAN-A3. Terdapat kemungkinan jadwal yang telah dibuat dan diunggah ke satelit tidak tereksekusi diakibatkan oleh beberapa faktor antara lain gangguan komunikasi dari stasiun bumi ke satelit pada saat proses pengunggahan ataupun kesalahan nomor indeks pada saat pengunggahan jadwal. Uji coba mode pengambilan data tiap muatan satelit masih dilakukan sehingga penambahan atau pengubahan beberapa baris perintah akuisisi data muatan satelit LAPAN-A3 diperlukan untuk mendapatkan mode akuisisi efektif untuk setiap muatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Teknologi Satelit Bapak Ir. Mujtahid, MT dan Kepala Bidang Program dan Fasilitas Bapak Abdul Karim, MT serta tim AIT, koordinator misi operasi dan operator Satelit LAPAN-A3/IPB atas dukungan, masukan dan ide hingga penulisan ini dapat terselesaikan.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Harrison, S. A., M. E. Price, and M. S. Philpott. "Task scheduling for satellite based imagery." Proceedings of the Eighteenth Workshop of the UK Planning and Scheduling Special Interest Group. Vol. 78. University of Sanford, UK, 1999.
- [2] Pemberton, Joseph C., and Flavius Galiber. "A constraint-based approach to satellite scheduling." DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science 57 (2001): 101-114.
- [3] Globus, Al, et al. "Scheduling earth observing satellites with evolutionary algorithms." (2003).
- [4] Pemberton, J. C. "Towards scheduling over-constrained remote sensing satellites." Proceedings of the 2d International Workshop on Planning and Scheduling for Space. 2000.
- [5] Lee, Soojeon, Won Chan Jung, and Jaehoon Kim. "Task scheduling algorithm for the communication, ocean, and meteorological satellite." ETRI journal 30.1 (2008): 1-12.
- [6] Soma, P., et al. "Multi-satellite scheduling using genetic algorithms." Space OPS 2004 Conference. 2004.
- [7] Baek, Seung-woo, et al. "Development of a scheduling algorithm and GUI for autonomous satellite missions." Acta Astronautica 68.7 (2011): 1396-1402.
- [8] Butz, Pius, 2010, Technical Document LAPAN-A3/IPB, Vectronic Aerospace GmbH.
- [9] Meidiansyah, Tri, Widya Rosa, Muh. Yoyok Ikhsan. "Pengembangan Software Stasiun Bumi LAPAN-A2/ORARI." Buku Ilmiah, "Pengembangan Teknologi Satelit di Indonesia: Sistem, Subsystem, dan Misi Operasi." 2013.
- [10] [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/b86b82w0\(v=vs.71\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/b86b82w0(v=vs.71).aspx), diakses Februari 2017
- [11] http://help.agi.com/stk/index.htm#training/SeeDC.htm%3FTocPath%3DTraining%7CLevel%25203%2520-%2520Focused%7CProblem%2520Specific%7C_____1, diakses April 2017

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

NamaLengkap : Muhammad Taufik
Tempat&Tgl. Lahir : Pontianak, 30 Maret 1990
JenisKelamin : Laki - laki
InstansiPekerjaan : Pusat Teknologi Satelit - LAPAN
NIP. / NIM. : 19900330 201402 1 005



DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMAN 2 Bogor Tahun: 2007
STRATA 1 (S.1) : Universitas Gunadarma Tahun: 2011

ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl. Cagak Satelit Km.04 , Rancabungur , Bogor
Email : muhammad08taufik@gmail.com